ACTA ARACHNOL., 33 : 9-17, 1985

造網行動と餌捕獲行動からみたカラカラグモの網の由来についての一考察

新海　明

国立音大附属音楽高等学校　〒186 国立市西 2-12-19

新海栄一

〒185　国分寺市本多 1-6-6

Synopsis

Shinkai, Akira (Kunitachi High School of Music, Kunitachi, Tokyo 186, Japan) and Eiichi Shinkai (6-6, Honda 1 chome, Kokubunji, Tokyo 185, Japan) : The web-building behavior and predatory behavior of *Theridiosoma epeiroides* Bösenberg et Strand (Araneae : Theridiosomatidae) and the origin of the ray-formed web. *Acta arachnol.*, **33** : 9-17 (1985).

The web structure and the predatory behavior of *Theridiosoma epeiroides* Bösenberg et Strand, were observed.

The orb-web of this species represented a unique type. The web had no hub, but had several radii tied together near the center. The spider held up the web with a tight thread in the center, therefore it formed an umbrella turned inside out. When an insect struck the web, the thread was released, so that the web sprang back and caught the insect.

The process of web-building was observed, too. It was first spun as a typical orb-web with a hub and several spiral turns in the notched zone, then these thread were bitten out. The proceeding process of web-building suggested that *T. epeiroides* was derived from orb-weaving ancestor.

カラカラグモ属 *Theridiosoma* のクモの張る円網については総説的なものを含めて多くの研究者によって紹介されている (Comstock, 1940 ; Gertsch, 1949, 1979 ; Bristowe, 1958 ; Levi, 1968 ; Kaston, 1972 ; Main, 1976 ; Foelix, 1982)。このうち，種についての記録は Comstock (1940) と Gertsch (1949, 1979) が *Theridiosoma radiosum* (McCook) (この種は後に *T. gemmosum* のシノニムになっている) について，また Bristowe (1958) と Kaston (1972) が *Theridiosoma gemmosum* (L. Koch) について報告している。これらの報告によると，このクモの張る円網には「こしき」がなく，タテ糸は網の中央付近で数本ずつに集められてひとつのまとまりとなり，さらにそれらのまとまりが中央の一点に合わさっているのである (Fig. 1)。この数本ずつのタテ糸のまとまりは1893年 (Comstock, 1940 では，1883となっている) に McCook によって「ray」

と名付けられ，この網は a ray-formed orb-web と呼ばれるようになった（Comstock, 1940）。網面は水平に張られているという報告と（Levi, 1968；Main, 1976），垂直に張られているという報告がある（Comstock, 1940；Gertsch, 1949, 1979；Bristowe, 1958；Kaston, 1972）。また，網面に対して垂直方向に trapline と呼ばれる糸（Comstock, 1940）がのびており，この末端は付近の岩や枝などに附着している。そしてクモは背面を上にして腹部後端を網に向け前脚で trapline をたぐり寄せて占座する。このため網は円錐状になる（Fig. 2）。クモはこのような状態で餌を待つ。餌が網に触れるやいなやクモは trapline をとき放ち，網は弾かれるように元に戻り餌は網にからまってしまう。

また，こしきのない円網（no hub＝無こしき）は研究者の注意をひきつけ，無こしき網となる過程は Comstock (1940) や Gertsch (1949, 1979) によって観察されており，「初めは典型的な円網と同様にこしきを持った円網をつくるが，このこしきはのちに嚙み切られ無こしき網となる」と報告されている。

最近になって Eberhard (1982) はコガネグモ上科 Araneoidea に属するクモについて造網行動や餌の捕獲行動をそれぞれタイプわけし詳細に比較することにより，科および亜科の系統やその間の類縁関係について述べた論文を発表したが，この中の附表で *T. radiosum* の造網過程について伺い知ることができる。これによると，こしきが一度つくられたのち破壊され無こしきになること，また足場糸が1周だけ円状に張られることが報告されている。さらに，同属の別種 *Theridiosoma* spp. では足場糸を張らないクモもいることなどが述べられている。

このように，カラカラグモ属の網は外国では多くの研究者によって調べられているが，我国のカラカラグモ属の網構造についてはわずかに中平（1961）がカラカラグモ *T. epeiroides* について「網面が屈折して立体的になって —— 略 —— 放射糸は6〜14本で —— 略 —— 中心付近で2叉したものが多い。—— 略 —— こしきの網目はなく，放射糸が1点に集って，クモの占座点となっている」と，また八木沼（1968）は「小さい円網を張るが平面的でない」と報告しているだけである。

そこで，筆者らは我国に産するカラカラグモ *Theridiosoma epeiroides* Bösenberg et Strand の網構造とその造網過程，特にどのようにして ray が作られるか，またその網での餌の捕獲行動を中心に調査した。その結果，日本に産する *T. epeiroides* も北アメリカに産する *T. gemmosum* とほぼ同様な網構造をもち，造網過程も同様であることが判明した。さらに，普通の円網を張るクモにくらべて餌の運搬法に大きな違いが認められたのでここに報告し，それらをもとにしてこの網の由来についての一考察を述べる。

なお，本稿をまとめるにあたり追手門学院大学教授八木沼健夫博士には文献の紹介をしていただいた。また，立命館大学助教授吉田真氏にはいつもながら原稿をお読みいただきさまざまな御教示をしていただいた。ここに厚く御礼申し上げる。

方　法

調査は東京都八王子市にある八王子城跡において行なった。カラカラグモは渓流沿いの湿った下草の間や，渓流上の流木などに造網していたが個体数は少なく調査期間内にのべ11個体を確認したのみであった。

渓流上には樹木が覆いかぶさっており陽当りは悪かった。付近の植生はスギ *Cryptomeria japonica* D. DON，ミズキ *Cornus controversa* HEMSLEY，ガクアジサイ *Hydrangea macrophylla* SERINGE などであった。

調査日時は1983年6月12日，26日，7月10日の3日間で，いずれも10:00〜18:00に実施した。造網は15:00頃多くみられた。

網の大きさはタテとヨコの各最大長をcmの単位で測定した。また，タテ糸・ヨコ糸数を数えたが，ヨコ糸の数は網の中心より左あるいは右45°下方のヨコ糸数をもってその数とした。

造網過程はこしきに注目し足場糸とこしき糸の存在及びrayの作成過程を重点的に観察した。

また，付近にいた双翅目成虫の一種とカワゲラの一種を網に人為的にかけてその捕獲方法を観察した。

なお，カラカラグモの網は薄暗い所に造網されることが多いので，網構造の観察には塗装用の白スプレー（アサヒペン社製白アクリルラッカー 300 ml）と6Vの探照灯を使用した。

約1ケ月にわたるのべ11例の網についての観察のうち，ここでは7月10日に観察した4例を中心に述べる。この時点でのカラカラグモはすべて亜成体であった。なお，1984年の7月に成体の網を観察したが亜成体のものと全く同じであった。

結　果

＜網の構造について＞

網は平均でタテ径12 cm，ヨコ径11 cmの大きさであり，タテ糸数は15本，ヨコ糸数は10本であった。また，traplineは4例中3例が持っていた。網はすべて垂直ないしやや傾いている程度で水平に張られていたものはなかった（Fig. 1, Fig. 2）。

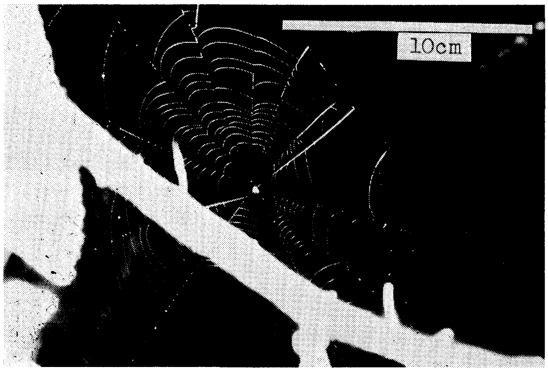

Fig. 1 Ray-formed web of *T. epeiroides*. (a front view)

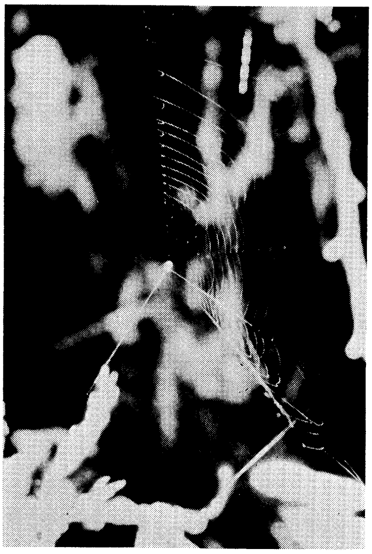

Fig. 2 Ray-formed web of *T. epeiroides*. (a side view)

こしきにあたる場所には，外国で観察されたものと同様にこしきはなかった。そして造網終了直後の網ではray（タテ糸のまとまり）はすべて3区画より成り立っていた（Fig. 4-g)。traplineは

いずれも Fig. 4-g 中0点より網面に対して垂直下方に出ており，その先は枝や岩石等の表面に附着していた。クモは0点に糸疣をつけ背面上位で網に腹部後端を向けて占座し，前脚で trapline を持ちその糸をたぐり寄せていた。そのため網はクモの占座点0を頂点とする円錐形になっていた (Fig. 2, Fig. 5)。この様子は Bristowe (1958), Gertsch (1949, 1979), Foelix (1982) らが指摘したように確かにオウギグモ属 *Hyptiotes* の占座姿勢に似ているが次の点で異なっている。すなわち，カラカラグモでは占座姿勢が背面上位であること，及び網に背を向け前脚で trapline を持っていることである。また，照明が難しく十分な観察ができず確信を持てないが Foelix (1982) の指摘したように，クモの体が「オウギグモ属のように trapline と網との間で a living-bridge になる」ことはなく，前脚で単に trapline をたぐに寄せているだけのようである。

＜造網過程（こしき部の破壊を中心に）＞

カラカラグモの造網過程は2例観察した。次に，その過程を段階にわけて述べることにする。

(1) ワク糸・タテ糸・こしき糸の作成

この過程は普通の円網を張るクモのものと同じであった。すなわち，ワク糸と共に数本の基になるタテ糸が張られていき，次にタテ糸が1本ずつ増やされていく。このようにして前こしき (proto-hub) ができたのち，こしき糸を2周ほど張り，この際に2本のタテ糸が分岐された。タテ糸張りの行動は新海明 (1982) の図 6-a に示したものと同じであった。

(2) こしき糸から足場糸の造網過程

こしき糸を張り終えると次は足場糸を張るわけだが，普通の円網を張るクモではこの過程は二つのタイプに分類できる。ひとつは，こしき糸から連続して足場糸に移行するもので，もうひとつはこしき糸と足場糸が不連続になっているものである(新海 明,未発表)。

カラカラグモの場合は明らかに不連続であり，なおかつ足場糸はこしき糸より約 1 cm くらい離れたところに円状に1周だけつくられた (Fig. 3, Fig. 4-a)。

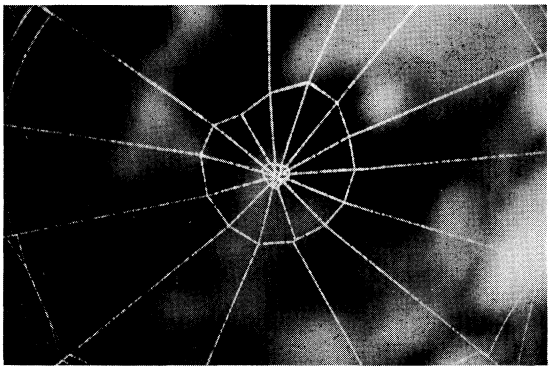

Fig. 3 Hub and a temporary circle (coated with the white spray). A part of radius (upper left) were gone.

(3) 足場糸からヨコ糸の造網過程

足場糸を張り終えるとクモは次にヨコ糸を張りはじめる (Fig. 4-b)。ヨコ糸を張るときには足場糸を利用する。このときヨコ糸を糸疣から引き出しながら，足場糸を伝い次のタテ糸に移動していくが，ここで止まり第4脚を交互に 2〜3 回動かしてヨコ糸の引き出しをする。この行動はトリノフンダマシ属 *Cyrtarachne* やオウギグモ属 *Hyptiotes* でみられる行動と大変よく似ている (新海明，未発表)。その後，クモはそのタテ糸をワク糸方向へと向かうが，この時にはヨコ糸が糸疣から引き出されることはない。

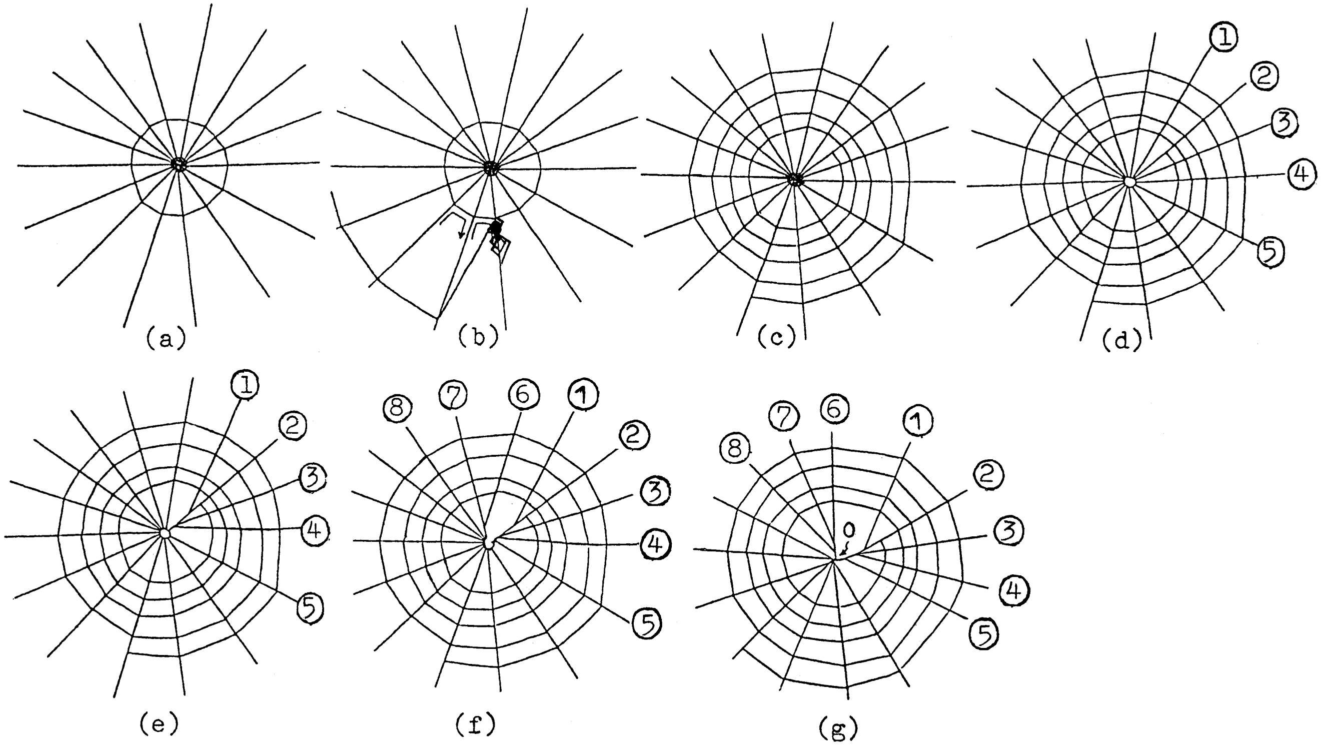

Fig. 4 Web-building process of *T. epeiroides.* (a) Hub and a temporary circle. (b) Construction behavior of viscid spirals. (c) Hub and viscid spirals. (d) Hub distruction. As soon as hub threads were bitten out, a circled hub thread was renewed. (e)・(f) Process of ray-building. The radii from ① to ⑤ formed one ray (upper right) and the radii from ⑥ to ⑧ formed another ray (upper left). (g) Finished web of *T. epeiroides.* The web was divided into three parts (rays).

このようにしてヨコ糸を張り続け足場糸の所までたどりつくと，足場糸を切断する。そして，すべての足場糸を切断したところでヨコ糸張りを終える (Fig. 4-c)。

(4)　こしきの破壊の過程

ヨコ糸を張り終えるとクモはこしき部へ戻る。そして，こしき部を上顎で嚙み切りながら新たに1周だけこしき糸をつけ直す (Fig. 4-d)。次に，右上方のタテ糸 (Fig. 4-d 中の①) を少し登り，そのタテ糸を切断する。そして向きを180度かえて今切断したばかりのタテ糸に糸疣を附着し，そこから新たなタテ糸を引き出す。このタテ糸を隣りのタテ糸②に附着させる。そして，こしきへ戻る際にさらにタテ糸③④⑤を同様にしてまとめる (Fig. 4-e, f)。次に，上方のタテ糸⑥を伝い上へ登り先ほどと同様にしてタテ糸⑥⑦⑧を1本のタテ糸にまとめる (Fig. 4-f, g)。

このような一連の行動により，カラカラグモのこしき部は破壊され ray がつくられるわけである。筆者らがみた2例はいずれも下方のタテ糸をクモがわざわざまとめることをせず，左右上方の2つの ray の残りとして，結果的にまとまっていただけであった。つまり，ray は左右上方に2つ，それに残された左下方の1つの3区画にわけられたことになる (Fig. 4-g)。

(5)　円錐状の円網の完成

このようにして ray を完成させるとクモはほぼ中央に戻り，ここから出ている trapline をたぐり寄せて網を円錐状にして完成する (Fig. 5-a)。

trapline は造網の最初の過程から存在していたのが1例で，他の1例では最初から存在していなかった。そのため trapline を作る過程は不明であった。

＜餌の捕獲方法について＞

前述のような状態でクモは餌を待っている (Fig. 5-a)。そして飛んできた昆虫がその網にふれるとクモがたぐり寄せていた糸を解き放つ。すると，今まで円錐形をしていた網は弾かれるようにして元の平面に戻るため (Fig. 5-b)，昆虫は網にからまってしまう。すかさずクモは餌の方に向き直り，餌のかかった方向のタテ糸をたぐり寄せながら前進する。そのために，カラカラグモの網は捕虫時に部分的に変形してしまう。餌にたどりつくと，いきなり嚙みつき，その後糸でまく。この時に使う糸は捕帯ではなく普通の細い糸である。そして，この餌を

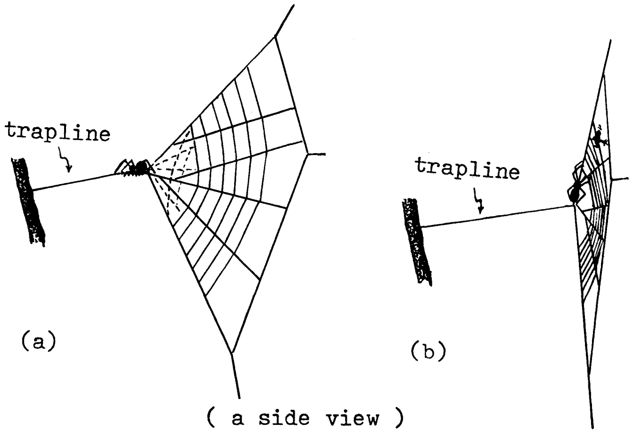

Fig. 5 Predatory behavior of *T. epeircides.* (a) The spider held up the web with a trapline in the center. (b) When an insect was struck the web, the trapline was released, therefore the web sprang back and caught the insect.

網の中央にまで持ち帰るわけであるが，Robinson (1975) によるとコガネグモ科のクモでは，捕えられた餌は上顎でくわえられるか糸疣につけて運ばれるのだが (Foelix, 1982)，このクモは餌をタテ糸に固定したままで，餌を中心にしてワク方向（外側）のタテ糸をつぎたし，中央方向（内側）のタテ糸はたぐるように引き寄せながら少しずつ中心に運搬していく。

中央に運ばれた餌はそこで固定され，クモは餌のかかった方向の乱れたタテ糸を補修する。このとき乱れたタテ糸は新しい ray にまとめ直されることがある。その後，中央に戻り捕食する。

捕食中に餌がかかると同様にして捕えるが，昆虫のかかった位置に，糸でまかれたまま貯蔵される。

考　　察

ここでは以上のような観察結果をふまえて，主としてカラカラグモの網の由来について論じてみたい。

Levi (1978) はクモの網が系統の研究に役立つか否かを論じている。この中で彼は「円網はクモがエネルギーを獲得する必要性に応じて生じてきたもの，つまりクモの food niche に適応しているのであり，系統の研究にはほとんど役立たず」「属の指標にはならない」が「種の区別には使用できるかも知れない」と述べている。しかしながら，Levi (1978) の研究は，キレ網各種の比較やかくれ帯 (stabilimenta) の有無，閉こしき (closed-hub) か開こしき (open-hub) かといった比較的表面的な網の特徴を指標として系統の研究に用いられるか否かの考察をしているのであり，網構造や造網行動及び餌捕獲行動などを詳細に分析したわけではない。

そのため Eberhard (1982) は，Levi (1978) の「少なくとも網のデザインのいくつかの面は高次の分類群の関係の指標としてはほとんど使えない」という推論をふまえた上でなおかつ，「しかしながら，この推論は網と造網行動の分析が分類学上の標徴として役立つ可能性を否定しているわけではない」として，造網・餌捕獲などの行動を詳細に類型化し分析した。そして，その結果得られた結論が形態学的に分類された亜科や科の特徴と大変よく一致しており「亜科や科の関係を探る指標として使える」ことを具体的に示した。

そこで，筆者らは Eberhard (1982) の見解に沿って，この調査で得たカラカラグモ *T. epeiroides* の造網行動と餌の捕獲行動からこのクモの由来を考えてみたい。

カラカラグモの造網過程をみるとヨコ糸を張り終えるまでは普通の円網を張るクモの過程と全く同じである。つまり，この時点まではカラカラグモの完成された網では決してみることのないこしきが網の中央に存在しているのである。そして，この直後にこしきが噛み切られ破壊されタテ糸が数本ずつ寄せ集められて ray が作られ，その結果この網は無こしき (no hub) となるわけである。

普通の円網を張るクモの造網過程で，ヨコ糸を張り終えた後のこしきを作る過程には①クモはこしきへ戻るだけでこしきには何も変更を加えないタイプ，②クモはこしきへ戻るとこしき中央を噛み切り開こしき (open hub) とするタイプ，③クモはこしきへ戻るとこしきを噛み切るが，その空間に再び糸をあらくひき直すタイプ，の 3 つに区分される（新海 明，未発表）。ところがカラカラグモのそれは上述の 3 タイプとは異なり，④クモはこしきへ戻るとこしきを噛み切りタテ糸をまとめ ray をつくり無こしきにするタイプのクモなのである (Eberhard (1982) はこれら 4 タイプの外に，カラカラグモ科のヤマジグモ *Ogulnius pullus* Bösenberg et Strand の網のようにこしきのない網をタイプ⑤とし，こしき作成過程を 5 つに区分している)。

つまり，カラカラグモは普通の円網を張るクモの造網過程の大部分を踏襲しているわけで，最後のこしき作成の過程のみが他のクモと異なり変形されているとみなすことができる。このように，カラカラグモと普通の円網を張るクモの造網過程を比較する限りにおいては，このクモは普通の円網を張るクモの仲間の祖先から進化（特殊化）したものと考えられるわけで，その逆――カラカラグモから普通の円網が生じた――は考えられない。そして，この考えは Eberhard (1982) のコガネグモ上科 Araneoidea 内でのカラカラグモ科 Theridiosomatidae の位置づけと完全に一致している。

それでは，なぜカラカラグモの円網はこしきをなくしてしまったのだろうか。こしきにあるこしき糸は円網を張る上で重要な役割を担っている (Eberhard, 1972；新海 明，1983)。すなわち，①タテ糸がこしき糸より分岐されること，②タテ糸のゆるみをこしき糸が補正し緊張を高めていること，の2点である。カラカラグモの場合は造網の最初からこしき糸が存在しないのではなく，最初はこしき糸が存在しているわけであるから，①のタテ糸がこしき糸より分岐される段階では不都合は生じない。つまり，こしき糸の二つの役割のうち①については満たされているわけである。すると，こしき糸の破壊によってもたらされるマイナス面は②の「タテ糸の緊張が保てなくなること」であろう。しかし，このマイナスと思われることをあえてする背景にはそれなりの理由があろう。

カラカラグモは前述したように円網を円錐形にして餌を待つという特異な習性をもっている。もしも，この円網にこしき糸があったとすると，タテ糸は緊張状態にあるのでこの網を円錐形にすることは不可能である。そのために，このクモは，こしき糸を破壊し，さらに，この過程で ray をつくるためにタテ糸をまとめる時に，タテ糸はつぎ足され，さらにゆるめられる。このため一層タテ糸の緊張は低下し，円網はより円錐形になりやすくなるのである。つまり，カラカラグモはこしき糸を破壊し，あえてタテ糸の緊張を低下させることにより，「網を円錐形にして餌を待ち捕獲する」というこのクモ独自の習性を可能にしているのではないだろうか。そして，こしき糸が存在しなくなるために，タテ糸は互いに結び合わせざるを得ないわけで，その結果これが ray とよばれるタテ糸のまとまりとなるのである。

摘要

新海 明（国立音大附属音楽高等学校 〒186 国立市西 2-12-19），新海栄一（〒185 国分寺市本多 1-6-6）。造網行動と餌捕獲行動からみたカラカラグモの網の由来についての一考察。

カラカラグモの網構造と餌捕獲行動を観察した。このクモの張る円網は大変ユニークであった。すなわち。網にはこしきがなく数本のタテ糸が中心付近でまとめられていた。クモは中心において trapline と呼ばれる1本の糸で網を支えているので網はちょうどカサをひっくり返した状態になっていた。昆虫が網にかかるとこの糸は解き放たれ，そのため網は弾かれるように戻り昆虫を絡めてしまった。

造網過程も調査した。この網は最初はこしきとこしき糸を持った典型的な円網と同じように張られるのだが，後にその部分が噛み切られ無こしきとなった。この一連の造網過程はカラカラグモが円網を張るクモの祖先から生じてきたことを示唆している。

引用文献

Bristowe, W.S., 1958. The world of spider. 1-304. Collins, Lond.

Comstock, J.H., 1940. The spider book. W.J. Gertsch, ed., i-xi+1-727, Comstock Publ. Assoc., Ithana, New York.

Eberhard, W.G., 1972. The web of *Uloborus diversus* (Araneae: Uloboridae). *J. Zool. London,* **166** : 417-465.

———, 1982. Behavioral characters for the higher classification of orb weaving spiders. *Evolution,* **36** : 1067-1095.

Foelix, R.F., 1982. Biology of spiders. 1-306. Harvard Univ., Cambr., Massachusetts and Lond., England.

Gertsch, W.J., 1949. American spiders. i-xii+1-274. Van Nostrand, New York.

———, 1979. American spiders. 2nd ed., i-xiii+1-274. Van Nostrand, New York.

Kaston, B.J., 1972. How to know the spiders. i-vi+1-220. Browne, Dubuque, Iowa.

Levi, H.W., 1968. Spider and their Kin. 1-160. Golden Press, New York.

———, 1978. Orb-webs and phylogeny of orb-weavers. *Symp. Zool. Soc. Lond.* **42** : 1-15.

Main, B.Y., 1976. Spiders. 1-296. Collins, Lond.

*McCook, H.D., 1893. American spiders and their spinning work. Vol. 3, Philadelphia (published by the author).

中平　清, 1961. 高知県のクモ. *Atypus,* (23/24) : 27-60.

Robinson, M.H., 1975. The evolution of predatory behaviour in Araneid spiders. 1-292. In function and evolution in behaviour, edited by G. Baerends, C. Beer and A. Manning (Oxford: Clarendon Press).

新海　明, 1982. ジョロウグモの網の構造の再検討 (1). *Atypus,* (80) : 1-10.

———, 1983. ジョロウグモの網の構造の再検討 (2) 縦糸の分枝・二分割と足場糸の関係. *Atypus,* (82) : 35-47.

八木沼健夫, 1968. 原色日本蜘蛛類大図鑑. i-viii+1-197, 56 pls. 保育社, 大阪.

* 印は直接参照していない。